

Размытие максимума диэлектрической проницаемости в керамиках твердых растворов $\text{PbFe}_{1/2}\text{Nb}_{1/2}\text{O}_3$ - $\text{PbM}_{1/2}\text{Nb}_{1/2}\text{O}_3$ (M- Sc, In, Yb, Cr, Mn)

В.В. Титов, С.И. Раевская, С.П. Кубрин, И.П. Раевский, И.Н. Захарченко, С.И. Шевцова, М.А. Малицкая

Южный федеральный университет, 344090, Ростов-на-Дону, Россия
e-mail: igorraevsky@gmail.com

Мультиферроик $\text{PbFe}_{1/2}\text{Nb}_{1/2}\text{O}_3$ (PFN) со структурой перовскита и твердые растворы на его основе обладают высокими пьезоэлектрическими, пироэлектрическими, диэлектрическими и магнитоэлектрическими откликами и перспективны для многих применений [1-4]. В отличие от других сложных перовскитов типа $\text{PbB}'_{1-m}\text{B}''_m\text{O}_3$ со статистическим распределением ионов B' и B'' по эквивалентным узлам кристаллической решетки, степень размытия максимума диэлектрической проницаемости ϵ кристаллов и керамики PFN очень мала [5], что связывается с близким размером ионов железа и ниобия [6]. Было установлено, что в твердых растворах PFN с перовскитами $\text{A}^{2+}\text{B}^{4+}\text{O}_3$ степень размытия максимумов $\epsilon(T)$ пропорциональна разности ионных радиусов ионов B^{4+} и Nb^{5+} [5]. Это хорошо согласуется с данными о том, что в PFN, как и в других сложных перовскитах $\text{PbB}'_{1-m}\text{Nb}_m\text{O}_3$ сегнетоактивными являются ионы Nb^{5+} [7, 8]. Поскольку ионы B^{4+} замещают одновременно Fe^{3+} и Nb^{5+} целью данной работы являлось исследование влияния замещений только ионов железа на степень размытия максимума $\epsilon(T)$ в керамике PFN. С этой целью методом твердофазных реакций были приготовлены керамические образцы твердых растворов $(1-x)\text{PbFe}_{1/2}\text{Nb}_{1/2}\text{O}_3$ - $x\text{PbM}_{1/2}\text{Nb}_{1/2}\text{O}_3$ (M- Sc, In, Yb, Cr, Mn) с $x=0,1$. Для уменьшения влияния проводимости на полученные результаты, в составы вводился 1 масс.% Li_2CO_3 , а степень размытия рассчитывалась по методике [9] для зависимостей $\epsilon(T)$, измеренных на частоте 1 МГц. Рентгеноструктурные исследования показали, что полученные образцы имеют структуру перовскита и не содержат примесей посторонних фаз. Все образцы имели размер зерен порядка 7-15 мкм, то есть, примерно такой же, как у керамики PFN без добавок.

Установлено, что частичное замещение железа другими трехвалентными ионами приводит к увеличению размытия максимума $\epsilon(T)$ по сравнению с чистым PFN, однако температура T_m этих максимумов практически не зависит от частоты, то есть, полученные составы твердых растворов являются сегнетоэлектриками с размытым фазовым переходом, а не релаксорами. При этом в случае немагнитных ионов (Sc, In, Yb) степень размытия максимума $\epsilon(T)$ пропорциональна разности ионных радиусов ионов M^{3+} и Nb^{5+} . В то же время замещение железа магнитными ионами (Cr, Mn) приводит к значительно более сильному размытию максимума $\epsilon(T)$, несмотря на то, что разность ионных радиусов этих ионов и Nb^{5+} сравнительно невелика.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ [Государственное задание в сфере научной деятельности, научный проект № 0852-2020-0032 (БА30110/20-3-07ИФ)].

1. Y.N. Zakharov et al., *Ferroelectrics* **399**, 20 (2010).
2. E.I. Sitalo et al., *IEEE Trans. Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control* **58**, 1914 (2011).
3. I.P. Raevski et al., *Ferroelectrics* **398**, 16 (2010).
4. V.V. Laguta et al., *J. Mater. Sci.* **51**, 5330 (2016).
5. A.A. Bokov, L.A. Shpak, I. P. Rayevsky, *J. Phys. Chem. Solids*. **54**, 495 (1993).
6. I.P. Raevski, et al., *IEEE Trans. Ultrason. Ferroelect. Freq. Contr.* **59**, 1872 (2012).
7. A.A. Bokov, A.G. Khasabov, I.P. Raevskii. *Bull. Acad. Sci. USSR, Phys. Ser.* **54**, 126 (1990).
8. J. Butcher, N.W. Thomas, *J. Phys. Chem. Solids* **52**, 595 (1991).
9. C. Lei, A. A. Bokov, Z. G. Ye, *J. Appl. Phys.* **101**, 084105 (2007).